



Del desastre ecològic a l'experiment natural: resiliència i recuperació parcial de la vegetació aquàtica de l'estany Baciver, Val d'Aran

Esperança Gacia ¹, Cristina Pulido ¹, Eglantine Chappuis ¹, Joan Riera ² i Enric Ballesteros ¹

¹ Centre d'Estudis Avançats de Blanes, CSIC, Blanes

² Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

*FROM THE ECOLOGICAL DISASTER TO THE NATURAL EXPERIMENT: RESILIENCE AND PARTIAL RECOVERY OF AQUATIC VEGETATION IN THE LAKE BACIVER (VAL D'ARAN). – Lake Baciver, located in Pla de Beret (Val d'Aran), was formerly covered by aquatic plants (95% of its surface area). In autumn 1991 the lake was dammed, flooding an area equivalent to its original surface and raising the water level by 3.5 meters. This event was catastrophic for the aquatic plants and only 17% of the formerly covered area, survived. This paper discusses the progress of the residual population and the aquatic plant colonization in the newly flooded areas over the past two decades. The study provides data of interest on the Restoration Ecology of soft-water oligotrophic lakes, which is otherwise very difficult to obtain. We found that the quillwort *Isoetes lacustris* L. can live up to 25 years under extremely low light conditions and sediment instability, but that the residual population does not recruit and is steadily regressing. We have also observed *I. lacustris* growing a new population from spores in an inoculated formerly terrestrial soil, although space occupation has been very slow, of less than 1 m² per year on average. *Sparganium angustifolium* and accompanying species can colonize the new sediments much faster, following exponential progression, and currently occupy 95% of the potential niche for the community. The new status of the lake has changed not only in terms of the landscape, but also in the biomass renewal. Fast growing annuals are taking most of the space against the ecological engineer *Isoetes lacustris*, which is a slow growing perennial species that plays a key role in controlling sediment biogeochemistry in oligotrophic lake sediments.*

Introducció

Al Pirineu, hi tenim alguns milers d'estanys i basses. Dominen els sistemes petits (<3 ha) i poc profunds (<12 m) d'aigües transparents, en els quals arriba llum suficient fins al fons per a què hi hagi producció primària associada al sediment (i.e. bentònica) a tot el litoral fins a les parts més fondes, durant el període lliure de gel (Gacia *et al.* 2013; Ventura i Miró 2013). La producció primària bentònica va associada a organismes microscòpics com les diatomees i les cianofícies, però també en molts casos poden desenvolupar-se prats submergits de plantes aquàtiques.

Es coneixen com a plantes aquàtiques aquelles que passen tota o una part del seu cicle vital estretament lligades a l'aigua. Aquest és, per tant, un terme funcional i inclou tant les algues del grup de les caràcies (al Pirineu és freqüent el gènere *Nitella*) com plantes superiors amb teixits diferenciats dels grups de les criptògames (sense flors veritables) i de les fanerògames (plantes amb flor). Les plantes aquàtiques dels estanys del Pirineu

poden arribar a formar grans i densos paisatges submergits (fig. 1; Chappuis *et al.* 2013) els quals proporcionen estructura i refugi a d'altres organismes, contribueixen substancialment al cicle del carboni, nitrogen i fòsfor, i modifiquen les condicions fisicoquímiques de l'aigua i en alguns casos del sediment dels estanys on són abundants (Gacia *et al.* 2009).

No tots els estanys del Pirineu tenen plantes aquàtiques al seu litoral. Són aquells a alçades relativament menors, en conques forestades i amb concentracions intermèdies de nitrat (dins del context pirinenc) els que tenen més probabilitats de ser colonitzats per les plantes (Pulido *et al.* 2015). Són també els estanys més accessibles i per tant els que tenen més probabilitat de ser afectats per l'acció de l'home, tant pel que fa a l'explotació hidroelèctrica com per a les activitats de lleure a muntanya.

Les espècies de plantes aquàtiques més freqüents als estanys del Pirineu són també comuns als llacs del centre i nord d'Europa. Són espècies reduïdes de les glaciacions del Quaternari i tenen



Figura 1. Imatge de sota l'aigua de la comunitat d'*Isoetes lacustris* (a) i de la comunitat mixta d'espargani de muntanya i espècies acompanyants (b) (autor Enric Ballesteros).

al Pirineu el seu límit meridional de distribució. Tenim per exemple l'espargani muntanyenc (*Sparganium angustifolium* Mich.) que és una espècie de fulles surants que pot anar sola o bé acompanyada per un estrat d'espècies petites totalment submergides, habitualment *Isoetes echinospora* Durieu, *Isoetes lacustris* L. i *Subularia aquatica* L. Aquesta darrera una crucífera molt petita i amenaçada que a França ha estat catalogada com a espècie en risc d'extinció. Els isòets poden també formar grans prats monoespecífics i en particular l'espècie perenne *I. lacustris*, que pot baixar fins a 4 o 5 m de fondària segons els estanys. Són freqüents també algunes espècies de *Potamogeton* com *P. berchtoldii* Fieber o *P. alpinus* Balb, i el *Myriophyllum alterniflorum* DC entre d'altres (vegeu Gacia et al. 1994; Chappuis et al. 2011).

Els estanys amb flora equivalent al Centre d'Europa, coneguts com a estanys amb isòetids, han estat molt amenaçats per l'acció de l'home a través de dos grans problemes ambientals de final del segle passat; la pluja àcida (anys 80; vegeu per ex. Krug 1988) i l'eutrofització (anys 90; vegeu per ex. Gulati i Van Donck 2002). Al Pirineu, per la seva posició allunyada dels gran nuclis de producció industrial i grans ciutats, s'ha mantingut un reducte florístic de gran valor patrimonial i un districte lacustre únic a la península Ibèrica pel que fa a nombre de masses d'aigua en bon estat. Sí que està exposat a l'augment en la deposició i precipitació de nitrogen, el que associat a l'increment de tempestes (i.e. canvi global), ha portat a un canvi en les relacions estequiomètriques dels nutrients als estanys (Camarero i Catalán 2013).

L'explotació dels recursos hídrics té un fort impacte sobre la vegetació litoral dels estanys i llacs (Quennerstedt, 1958; Rørslett, 1984; Wilcox i Meeker, 1991). Això és així perquè les espècies es distribueixen en les masses d'aigua dins d'un rang òptim de condicions de llum i naturalesa del substrat, condicions ambdues que es veuen modificades en variar el nivell de l'aigua d'un estany en construir una presa. A la necessària disminució de la transparència de l'aigua quan s'incrementa la fondària, s'hi sol afegir un augment de la quan-

titat de material en suspensió que queda retingut a la presa, i material en descomposició del mateix llac o de la zona inundada de la conca. A més, a la zona de fluctuació de la columna d'aigua i a causa de l'exposició, hi sol haver una desaparició total de la vegetació arrelada, i sovint també hi ha una regressió i desaparició de la vegetació per sota d'aquest llindar pels motius abans esmentats (Hellsten et al. 1996; Hellsten, 2001, 2002). Al Pirineu, els estanys en què hi ha una explotació activa de l'aigua no hi ha cinyells de vegetació (Catalán et al. 2007), però aquesta pot remetre en alguns casos de llacs amb pendents suaus i a poca fondària, quan deixen de ser explotats (vegeu Gacia et al. 2013).

L'estany de Baciver

Situat a la vall de Baciver sobre el Pla de Beret (Val d'Aran) es troba l'estany de Baciver, el més baix d'un conjunt d'estanys i basses (fig. 2a). És un estany petit i en origen poc profund (fig. 2b), d'aigües transparents, pocs nutrients i poques sals minerals (i.e. aigües oligotròfiques i poc mineralitzades; taula 1). L'estany es troba a 2.120 m i va ser escollit al final dels anys 80 com un estany tipus, per la seva poca fondària i alt recobriment de vegetació (fig. 3), on estudiar el seu funcionament limnològic en contraposició als grans estanys del Pirineu (Ballesteros et al. 1987; Catalán et al. 1991; Gacia i Ballesteros 1994). Com tot estany al Pirineu, té una dinàmica marcada per un llarg període hivernal on roman cobert de gel i

Taula 1. Evolució del contingut de nitrats, amoni, fosfats i clorofil·la a la columna d'aigua de l'estany de Baciver. Les dades de nutrients són en μM i les de clorofil·la de columna (Chl) en mg L^{-1} .

	mM PRS	mM NH_4	mM NO_3	mg L^{-1} Chl
1989	0,08	1,11	6,01	0,37
1992	0,56	1,83	3,33	1,53
1993	0,40	10,40	2,04	0,38
2000	0,10	1,60	5,10	0,41
2006	0,10	1,70	7,00	0,39
2012	0,10	0,71	0,70	-



Figura 2. Imatge actual de l'estany de Baciver (a dalt, autor Eglantine Chappuis) i d'abans de l'impacte (a baix, autor Enric Ballesteros).

neu, i un període lliure de gel (de primavera a tardor), on es concentra la major part de la dinàmica i producció de l'estany.

L'any 1991 es va concedir a l'estació d'esquí de Vaquèira Beret, el permís per a l'explotació de l'estany Baciver per tal d'extreure'n aigua per a la producció de neu artificial. Al seu moment es va mirar d'impedir aquesta obra ja que se sabia de

l'impacte que ocasionaria sobre el sistema i en particular sobre la vegetació de plantes aquàtiques. No va ser possible, però, aturar les obres, i al final d'estiu del 1991 es va construir una paret a la sortida de l'estany que va tancar i inundar bona part de la conca (fig. 2a). A la primavera següent, l'estany havia augmentat en 3,5 m el nivell de l'aigua i havia inundat una àrea de conca equivalent

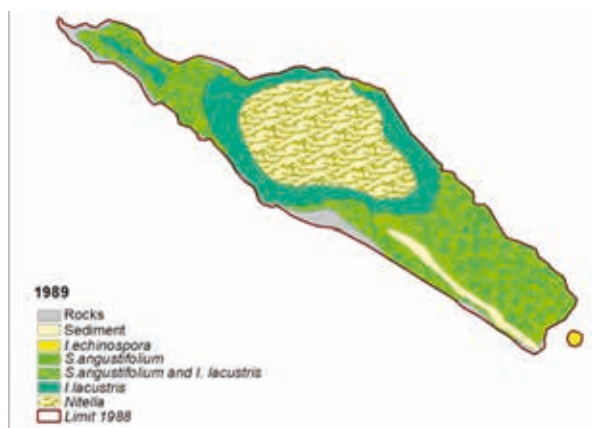


Figura 3. Mapa de vegetació de l'estany de Baciver abans de ser inundat per la construcció de la presa. En verd-blau comunitat monoespecífica d'*Isoetes lacustris*, en verd clar comunitat mixta d'*Sparganium angustifolium* amb *Isoetes echinospora*, *Isoetes lacustris*, *Subularia aquatica* i *Eleocharis acicularis*. En trama beix i verd-caqui la zona ocupada per la caràcia *Nitella gracilliss*.

a l'àrea ocupada inicialment per l'estany (Gacia and Ballesteros 1998). A les parts més fondes es va esgotar l'oxigen (anòxia) i es va detectar un increment de la concentració de fòsfor i amoni a l'aigua, i una concomitant disminució de la transparència a causa del creixement del fitoplàncton (taula 1). Tots aquests canvis varen anar acompanyats d'una regressió molt significativa de les comunitats de vegetació aquàtica, que dos estius després de la inundació vam poder cartografiar registrant una regressió del 76% de la superfície ocupada inicialment. La qualitat de l'aigua es va restablir ràpidament gràcies a l'elevada taxa de renovació del sistema i al final del 1993 les concentracions de sals i nutrients ja eren equivalents a les prèvies a l'impacte (taula 1) i desapareixia l'anòxia en fondària. Una descripció detallada dels canvis ocorreguts els dos estius següents a la inundació es pot trobar a Gacia i Ballesteros (1996, 1998). A diferència d'altres explotacions hidroelèctriques, el consum d'aigua al Baciver és a l'hivern (producció de neu artificial), i a l'estiu, després del desgel, el nivell d'aigua esdevé alt i estable coincidint amb el període de creixement de les plantes. Això va fer pensar que seria possible la recuperació, almenys en part, de la vegetació aquàtica a l'estany.

Objectius

Durant les dues dècades que han seguit a l'impacte, hem mirat d'aprofitar un escenari d'entrada devastador, per a respondre a preguntes i processos d'interès en ecologia de la restauració que, d'altra part serien molt difícils d'abordar tant des del punt de vista experimental com correlacional. Ens hem plantejat dues qüestions; 1) Quines espècies, si n'hi ha, varen sobreviure a la inundació i quina és la seva capacitat de resistència i recuperació davant de l'increment del nivell de l'aigua

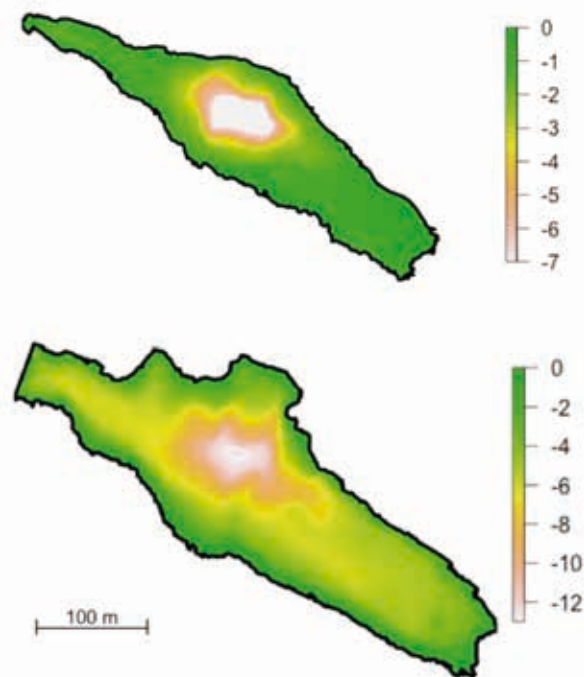


Figura 4. Mapa de fondàries (batimetria) de l'estany Baciver abans (a) i després (b) de la inundació el 1991.

a l'estiu; i 2) És possible recuperar la vegetació de l'estany a les parts on s'ha produït mortalitat de les poblacions d'origen i a les zones de nova inundació. Per a quines espècies, a quin ritme?

Mètodes

S'han fet prospeccions en immersió cada 5 o 6 anys (1992, 1993, 2000, 2006, 2012) i dibuixat els canvis en la cobertura de la vegetació sobre la nova batimetria de l'estany (fig. 4b). Els resultats d'aquesta cartografia a mà alçada s'han passat a format de GIS (sistema de dades georeferenciades) el que ens ha permès fer les cartografies i calcular l'evolució de les taques de les diferents comunitats i espècies en el temps.

Resultats comentats

Només l'espècie perenne *Isoetes lacustris* va resistir a la inundació de l'estany. L'any 1993 (2 estius després de l'impacte) es van detectar <4.000 m² d'una població situada entre 4,7-5,1 m (abans >1,6 m) (fig. 5a) i se n'ha seguit l'evolució al llarg dels anys. Aquesta població ha anat en regressió, tot i estar dins dels límits de tolerància de distribució de l'espècie en fondària (Rørslett i Brettum 1989). Avui en dia es manté molt depauperada i amb baixes densitats de peus sobre un sediment molt fi i profund. No hem observat nou reclutament de joves, això probablement és degut a la presència de sediments fins i altes taxes de sedimentació que no permeten el creixement de plançons per sufocació (vegeu Gacia i Balles-

Taula 2. Evolució del recobriment (m²) de les comunitats de macròfits de l'estany Baciver. La comunitat d'*Sparganium angustifolium* té també espècies acompanyants (vegeu text) i la d'*Isoetes lacustris* en aquest cas és monoespècífica.

	anys	<i>S. angustifolium</i>	<i>I. lacustris</i>	<i>I. lacustris</i> Nou!	<i>Nitella</i> sp.
Abans	1989	1491	13421		7909
Després	1993	0	3838		
	2000	490	2935	<1	
	2006	2838	2115	50	
	2012	3309	1329	160	15700

teros 1993). Tot plegat indica que els individus d'aquesta falguera aquàtica perenne, que romanen d'abans de l'impacte tenen més de 25 anys (23 des de la inundació més un mínim de 2 anys

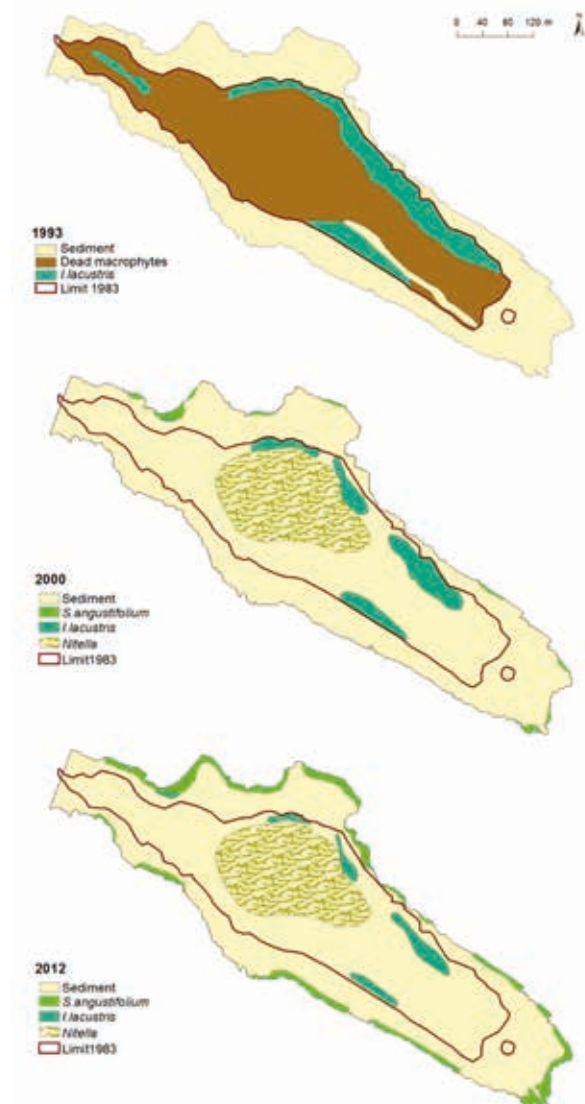


Figura 5. Evolució de la vegetació de l'estany Baciver després dels canvis en el sistema ocorreguts amb la construcció d'una presa la tardor del 1991. Cartografia corresponent a l'any 1993 (a) en marró vegetació morta al fons de l'estany i en verd zona on sobreviu la població monoespècífica del pteridòfit aquàtic *Isoetes lacustris*. No es tenen dades de densitats de peus. Cartografia corresponent a l'any 2000 (b), i cartografia corresponent a l'any 2012 (c).

abans de l'impacte), de ser més joves no haurien pogut resistir i contrarestar les altes taxes de sedimentació que es varen produir (Gacia i Ballesteros 1993). La regressió d'aquesta població residual es dona en densitat de peus (la població s'envelleix), però també en perímetre i perd superfície pels marges més profunds (amb menor irradiància global). Les taxes de pèrdua de superfície d'aquesta població residual han estat lineals de l'ordre de 130 m² any⁻¹ i actualment en resta <10% de la superfície que va sobreviure a la inundació.

Set anys després de la inundació de la conca es varen detectar ja individus de l'espècie *Sparganium angustifolium* que va créixer formant un cinyell de 4 m a les vores. Acompanyant a l'espargani es trobaven també peus de la crucífera *Subularia aquatica* i una petita taca de l'isoet anual l' *Isoetes echinospora*. Tot plegat indicava per un costat l'arribada de llavors i esquetxos, i per l'altre la transformació d'un sòl terrestre en condicions colonitzables per a les plantes aquàtiques. L'origen dels propàguls pot ser d'aigües amunt del mateix estany, tenint en compte que hi ha una bona connectivitat entre el Baciver i els estanys de més amunt, o bé del transport pels animals. L'any 2006 i més encara el 2012 aquesta comunitat mixta estava ja ben desenvolupada (fig. 5b i c). La colonització de l'espargani ha seguit una progressió logarítmica [$y=1626,4 \ln(x) -565,5$; $r^2=0,980$] fins a dia d'avui en què la comunitat mixta ocupa un 95% de l'àrea potencial colonitzable per l'espècie a l'estany.

Al marge nord de l'estany i prop de la sortida es va detectar l'any 2000 una petita taca de menys d'1 m² d'*Isoetes lacustris* en una zona inundada on prèviament s'havien separat moltes mostres i deixat restes (megàspores i micròspores). Aquesta població de nova formació, el 2012 ocupava una superfície de 160 m² aproximadament, el que indica per un costat que és viable la recuperació de l'espècie a partir d'espores amb altes densitats i també una taxa molt lenta de creixement de la població (menys d'un m² per any).

Podem concloure que les taxes de recuperació de la vegetació aquàtica del Baciver són molt lentes i desiguals per a les diferents espècies de plantes aquàtiques. Tenim espècies d'ocupació relativament lenta (més de vint anys) com l'espargani de muntanya i el seu estrat submergit, amb taxes baixes per a la duresa de les condicions ambientals (molt pocs nutrients i sals i període de creixement reduït a l'absència de gel a la coberta) i l'espècie perenne *Isoetes lacustris* de recuperació

lentíssima i probablement mai total ja que l'hàbitat potencial s'ha reduït en les noves condicions. En canvi l'alga *Nitella* del grup de les caràcies és una espècie no arrelada que ha proliferat des del primer moment de l'impacte (fig. 5b i c) i actualment pot ocupar fins a un total de 15.770 m² (taula 2).

L'estany Baciver per tant després de ser explotat ha canviat no només la morfologia del llac (àrea i fondària) sinó també el seu funcionament. L'àrea potencial ocupable per a les diferents espècies ha canviat substancialment, augmentant molt la superfície on és més competitiva l'alga *Nitella* i la comunitat mixta, i reduint substancialment l'espai que pot ocupar (però del que realment encara ocupa només una part molt petita) l'isoet. Aquests canvis es reflecteixen en la producció primària del litoral i també la biogeoquímica del sediment. Això és així perquè els isoets són espècies que es consideren enginyeres de l'ecosistema, el que vol dir que amb la seva longevitat, estructura i fisiologia contribueixen considerablement a mineralitzar la matèria orgànica del sediment (perquè alliberen oxigen fotosintètic per les arrels) i promouen també l'acoblament entre la nitrificació i el procés que porta a una pèrdua neta de nitrogen al sistema (desnitrificació). Aquest funcionament, també comporta un augment de la immobilització del poc fòsfor disponible en sediments i contribueix al que s'ha anomenat oligotrofització o manteniment de condicions molt pobres en nutrients. Les espècies que fan aquestes funcions poden tenir un paper important contrarestant l'augment en la deposició de nitrogen associat al canvi global, però són molt vulnerables a l'impacte humà. Podem concloure per tant, que la vegetació d'un sistema impactat per inundació de la conca i augment del nivell de l'aigua es pot recuperar molt lentament i de forma totalment parcial en un llac on s'explota l'aigua a l'hivern, però que a l'estiu, l'època de creixement de les plantes, el nivell de l'aigua esdevé constant. En cap cas aquests resultats son extrapolables a llacs amb explotacions hidroelèctriques i nivells fluctuants durant el període lliure de gel.

Agraïments

A tots els companys amb qui hem compartit expedicions i ens han ajudat a carretejar vestits d'immersió, ampolles i peus d'ànec pel Pirineu. Amb ells hem compartit el maridatge entre l'aigua i la muntanya al Pirineu.

Referències

- Ballesteros, E., Gacia, E. i Camarero, L.I. (1989). Composition, distribution and biomass of benthic macrophyte communities from lake Baciver, a Spanish alpine lake in the Central Pyrenes. *Annales de Limnologie*, 25(2): 177-184.
doi: [10.1051/limn/1989017](https://doi.org/10.1051/limn/1989017)
- Bianchini, I. i da Cunha-Santino, M.B. (2014). Dynamics of colonization and the collapse of macrophyte community during the formation of a tropical reservoir. *Fundamental and Applied Limnology*, 184(2): 141-150.
doi: [10.1127/1863-9135/2014/0491](https://doi.org/10.1127/1863-9135/2014/0491)
- Camarero, L.I. i Catalán, J. (1991). Horizontal heterogeneity of phytoplankton in a small high mountain lake. *Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology* 24: 1005-1010.
- Camarero, L.I. i Catalán, J. (2013). Atmospheric phosphorus deposition may cause lakes to revert from phosphorus limitation back to nitrogen limitation. *Nature Communications*, 3: 1118.
- Catalán, J., Ballesteros, E., Gacia, E., Palau, A. i Camarero, L.I. (1993). Chemical composition of disturbed and undisturbed high-mountain lakes in the Pyrenees: a reference for acidified sites. *Water Research*, 27(1): 133-141.
doi: [10.1016/0043-1354\(93\)90203-T](https://doi.org/10.1016/0043-1354(93)90203-T)
- Catalan, J., Vilalta, R., Weitzmann, B., Ventura, M., Comas, E., Pigem, C. i Aranda, R. (1997). *L'obra hidràulica en els Pirineus: avaluació, correcció i prevenció de l'impacte mediambiental, el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. ENHER-FECSA-Fundació La Caixa, Barcelona. 594 pp.
- Chappuis, E.M., Gacia, E. i Ballesteros, E. (2011). Changes in aquatic macrophyte flora over the last century in Catalan water bodies. *Aquatic Botany*, 95: 268-277.
doi: [10.1016/j.aquabot.2011.08.006](https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.08.006)
- Chappuis, E., Gacia, E., Ruhí, A. i Ballesteros, E. 2013. Els herbassars de macròfits. In: *Atles dels Ecosistemes dels Països Catalans*. Enciclopedia Catalana, Barcelona, pp. 280-281.
- Gacia, E. i Ballesteros, E. (1993). Population and individual variability of *Isoetes lacustris* L. with depth in a Pyrenean Lake. *Aquatic Botany*, 46: 35-47.
doi: [10.1016/0304-3770\(93\)90063-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(93)90063-3)
- Gacia, E., Ballesteros, E., Camarero, L.I., Delgado, O., Palau, A., Riera, J.L.I. i Catalan, J. (1994). Macrophytes from the Easter Pyrenean lakes: composition and ordination in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*, 32: 73-81.
doi: [10.1111/j.1365-2427.1994.tb00867.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00867.x)
- Gacia, E. i Ballesteros, E. (1994). Production of *Isoetes lacustris* in a Pyrenean lake: seasonality and ecological factors involved in the growing period. *Aquatic Botany*, 48: 77-89.
doi: [10.1016/0304-3770\(94\)90074-4](https://doi.org/10.1016/0304-3770(94)90074-4)
- Gacia, E. i Ballesteros, E. (1996). The effect of increased water level on *Isoetes lacustris* L. in Lake Baciver, Spain. *Journal of Aquatic Plant Management* 34: 57-59.
- Gacia, E. i Ballesteros, E. (1998). Changes in the water column, the sediment and the macrophyte populations after the building up of a dam in Lake Baciver (Central Pyrenes). *Oecologia Aquatica*, 11: 55-66.
- Gacia E., Chappuis, E.M., Lumberras, A., Riera, J.L. i Ballesteros, E. (2009). Functional diversity of macrophyte communities within and between Pyrenean Lakes. *Journal of Limnology*, 68(1): 25-36.
doi: [10.4081/jlimnol.2009.25](https://doi.org/10.4081/jlimnol.2009.25)
- Gacia, E., de Mendoza, G., Buchaca, T., Camarero, L.I., Chappuis, E., Pla-Rabes, S. (2013). Els Estanys petits d'alta muntanya. In: *Atles dels Ecosistemes dels Països Catalans*. Enciclopedia Catalana, Barcelona, pp. 258-259.
- Gulati, R.D. i Van Donck, E. (2002). Lakes in the Netherlands, their origin, eutrophication and restoration: state-of-the-art review. *Hydrobiologia*, 478(1-3): 73-106.
doi: [10.1023/A:1021092427559](https://doi.org/10.1023/A:1021092427559)
- Hellsten, S. i Riihimäki, J. (1996). Effects of lake water level regulation on the dynamics of littoral vegetation in northern Finland. *Hidrobiologia*, 340 (1-3): 85-92.
doi: [10.1007/BF00012738](https://doi.org/10.1007/BF00012738)
- Hellsten, S. (2002). Aquatic macrophytes as indicators of water-level regulation in Northern Finland. *Proceedings of the International Association of Theoretical and*

- Applied Limnology*, 28: 601-606
- Krug, E.C. (1988). Acidification of Norwegian Lakes. *Nature*, 334(6183): 571-571
doi: [10.1038/334571a0](https://doi.org/10.1038/334571a0)
- Pulido, C., Riera, J., Ballesteros, E., Chappuis, E. i Gacia, E. (2015). Predicting aquatic macrophyte occurrence in soft-water oligotrophic lakes (Pyrenees mountain range). *Journal of Limnology* 74(1): 143-154.
doi: [10.4081/jlimnol.2014.965](https://doi.org/10.4081/jlimnol.2014.965)
- Rørslett, B. (1984). Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lake Setesdal, South Norway. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22: 2927-2936.
- Rørslett, B. i Brettum, P. (1989). The genus *Isoetes* in Scandinavia: an ecological review and perspectives. *Aquatic Botany*, 35: 223-260.
doi: [10.1016/0304-3770\(89\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0304-3770(89)90001-6)
- Ventura, A. i Miró, A. (2013). Els estanyets i les basses d'alta muntanya. In: *Atles dels Ecosistemes dels Països Catalans*. Enciclopedia Catalana, Barcelona, pp. 262-263.
- Wilcox, D.A. i Meeker, J.E. (1991). Disturbance Effects on Aquatic Vegetation in Regulated and Unregulated lakes in Northern Minnesota. *Canadian Journal of Botany- Revue Canadienne de Botanique*, 69(7): 1542-1551.